

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Atty. Docket

FRANS A. GERRITSEN ET AL

NL 010106

Serial No.

Group Art Unit

Filed: CONCURRENTLY

Ex.

Title: PROCESSING OF IMAGES IN A DIRECTION OF SUCCESSION

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

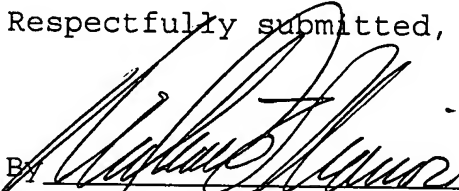
AUTHORIZATION PURSUANT TO 37 CFR §1.136(a)(3)
AND TO CHARGE DEPOSIT ACCOUNT

Sir:

The Commissioner is hereby requested and authorized to treat any concurrent or future reply in this application requiring a petition for extension of time for its timely submission, as incorporating a petition for extension of time for the appropriate length of time.

Please charge any additional fees which may now or in the future be required in this application, including extension of time fees, but excluding the issue fee unless explicitly requested to do so, and credit any overpayment, to Deposit Account No. 14-1270.

Respectfully submitted,


By _____
Michael E. Marion, Reg. 32,266
Attorney
(914) 333-9641

THIS PAGE BLANK (USPTO)



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

45

10971 U.S. PTO
10/071405
02/08/02

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

01200516.1

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE, 15/10/01
LA HAYE, LE

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: 01200516.1

Anmeldetag:
Date of filing: 13/02/01
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven
NETHERLANDS

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
NO TITLE

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

See for original title of the application
page 1 of the description.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Bewerken van beelden in een volgorderichting

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het bewerken van beelden waarin

- afzonderlijke beelden opeenvolgend in een volgorderichting zijn
- een meer-dimensionale dataset wordt geconstrueerd uit de afzonderlijke beelden
- 5 - welke meer-dimensionale dataset datawaarden toevoegt aan posities in een meer-dimensionale ruimte
- welke meer-dimensionale ruimte opgespannen wordt door de volgorderichting en twee richtingen evenwijdig aan het oppervlak van de afzonderlijke beelden
- langs een snedeoppervlak door de meerdimensionale ruimte een doorsnede door de meer-
10 dimensionale dataset wordt gereconstrueerd en
- de richting van het snedeoppervlak een component in de volgorderichting heeft .

Zo'n werkwijze voor het bewerken van beelden is bekend uit het artikel
'Exploring the discrimination power of the time domain for segmentation and
15 characterisation of lesions in serial MR data' door Guido Gerig *et al.* in 'Medical image
computing and computer-assisted intervention MICCAI'98 (W.M. Wells, A. Colchester, S.
Delp Eds., Springer 1998).

De bekende werkwijze wordt toegepast op een reeks in de tijd elkaar
20 opvolgende drie-dimensionale (3D-MR) magnetische-resonantie reconstructies. Elk van de
3D-MR reconstructies omvat meerdere magnetische-resonantie afbeeldingen van diverse
doorsneden ('slices') door de 3D-MR reconstructie. In deze bekende werkwijze
vertegenwoordigt de volgorderichting de tijdvolgorde van de magnetische-resonantie
afbeeldingen. De individuele magnetische-resonantie afbeeldingen worden met tussenpozen
25 van een week of een maand gemaakt. Vervolgens worden de opeenvolgende magnetische-
resonantie afbeeldingen gecombineerd tot een vier-dimensionale (4D) (x, y, z, t) dataset.
Volgens de bekende werkwijze is vooraf al in de individuele magnetische-resonantie
afbeeldingen een gebied van belang aangeduid. Met name is steeds in de individuele
magnetische-resonantie afbeeldingen telkens dezelfde laesie aangeduid. De laesies, dus het

gebied van belang, in de opeenvolgende magnetische-resonantie afbeeldingen worden ten opzichte van elkaar geregistreerd waarbij voor beweging tussen de opeenvolgende magnetische-resonantie afbeeldingen wordt gecompenseerd. De onderling geregistreerde magnetische-resonantie afbeeldingen worden tot de 4D dataset gecombineerd.

- 5 Volgens de bekende werkwijze wordt het verloop van de laesie in de tijd bestudeerd met behulp van twee-dimensionale beelden van diverse profielen langs lijnen door het 3D MR-volume als functie van de tijd. Deze profielen vertegenwoordigen telkens bij een zekere ruimtelijke positie de tijdsvariatie van de helderheidswaarde in de betreffende ruimtelijke positie. De verzameling van deze profielen bij respectievelijke posities in de
- 10 opeenvolgende beelden vormt een doorsnede langs een snedeoppervlak in de tijdrichting.

Een doel van de uitvinding is om uit de beelden nauwkeuriger en eenvoudiger het gebied van belang op te sporen.

- 15 Dit doel wordt volgens de uitvinding bereikt doordat aan de hand van het snedeoppervlak een gebied van belang ('region of interest') wordt opgespoord.

- De werkwijze volgens de uitvinding wordt toegepast op een collectie beelden die een zekere onderlinge volgorde hebben. De volgorderichting van de collectiebeelden is de
- 20 richting waarin de beelden elkaar opvolgen. Bijvoorbeeld, wanneer de beelden na elkaar in de tijd zijn opgenomen zijn de beelden opeenvolgende in de tijd -later opgenomen beelden komen na eerder opgenomen beelden- en is de volgorderichting de tijdas. Het is ook mogelijk om andere volgorderichtingen te gebruiken, bijvoorbeeld opeenvolgende posities van twee-dimensionale doorsneden door een drie-dimensionaal volume, opeenvolgende fasen in een
- 25 perfusie proces, of opeenvolgende waarden van opnameparameters. Zo'n opnameparameter heeft bijvoorbeeld betrekking op de mate van T_1/T_2 -contrast in een magnetische-resonantieafbeelding. De meer-dimensionale dataset wordt uit de afzonderlijke beelden gevormd door de afzonderlijke beelden als het ware in de volgorderichting 'op elkaar te stapelen' of 'achter elkaar te zetten'. De zo gevormde meer-dimensionale dataset voegt aan
- 30 posities in de meer-dimensionale ruimte datawaarden toe, zoals helderheidswaarden, uit de afzonderlijke beelden. De dimensie van de meer-dimensionale ruimte is dus juist één groter dan de dimensie van de beelden. De beelden zijn bijvoorbeeld twee-dimensionaal en de meer-dimensionale ruimte is dan drie-dimensionaal. Het is ook mogelijk om als beelden volume-data te gebruiken, zoals 3D-MR reconstructie of 3D reconstructies die uit röntgen

computer-tomografie zijn verkregen. Dan is de meer-dimensionale ruimte vier-dimensionaal. De posities in de meer-dimensionale ruimte omvatten de plaats in de volgorde-richting en de plaats in het beeld bij de betreffende plaats in de volgorde-richting.

Volgens de uitvinding wordt door de meer-dimensionale dataset langs het snedeoppervlak een doorsnede gereconstrueerd. Het snedeoppervlak is in de eenvoudigste uitvoering een vlak, maar ook in de meer-dimensionale ruimte gekromde oppervlakken zijn mogelijk. De doorsnede geeft de datawaarden in de meer-dimensionale dataset weer, gearrangeerd langs het snedeoppervlak. Een geschikte techniek om de doorsnede te reconstrueren is bijvoorbeeld 'multi-planar reformatting'. Hierbij is het ook mogelijk, bijvoorbeeld door interpolatie, datawaarden in de meer-dimensionale dataset te berekenen bij posities in de volgorde-richting tussen volgorde-posities tussen twee opeenvolgende beelden in.

Het snede-oppervlak wordt niet loodrecht op de volgorde-richting gelegd; in dat geval zou de doorsnede neerkomen op de keuze van het beeld bij de betreffende volgorde-positie. Verder kan het snedeoppervlak gekozen worden in overeenstemming met de ligging van het gebied van belang in de één of meer beelden. Wanneer er vooraf (*a priori*) informatie bekend is over de op te sporen gebieden van belang kan het snede-oppervlak gericht en geplaatst worden aan de hand van die *a priori* informatie.

Het blijkt dat in de doorsnede het gebied van belang in de één of meer beelden bijzonder duidelijk wordt weergegeven. Vooral wanneer in meerdere afzonderlijke beelden er telkens dat gebied van belang wordt opgespoord lukt het gebied van belang in de respectievelijke beelden tegelijk te bepalen aan de hand van de doorsnede. De correlatie tussen het gebied van belang in de opeenvolgende beelden, bijvoorbeeld de tijdcorrelatie, komt in de doorsnede die tenminste deels in de volgorde-richting ligt, bijvoorbeeld langs de tijdas, erg duidelijk naar voren.

Deze en andere aspecten van de uitvinding worden verder uitgewerkt aan de hand van de volgende uitvoeringsvoorbeelden die zijn gedefinieerd in de afhankelijke Conclusies.

Bij voorkeur wordt aan de hand van de gereconstrueerde doorsnede langs het snede-oppervlak het gebied van belang gesegmenteerd uit één of meer afzonderlijke beelden.

Segmentatie van het gebied van belang is het afzonderen van dat gebied van belang uit de rest van het betreffende beeld. Het blijkt dat de begrenzingen van het gebied van belang in elk van de afzonderlijke beelden veel duidelijker blijken uit de gereconstrueerde doorsnede langs het snede-oppervlak. Vaak is de rand van het gebied van belang in een individueel beeld plaatselijk vaag. Ondanks vaagheden in de rand van het gebied van belang in meerdere

van de opeenvolgende beelden blijkt dat er toch ter plaatse van de vaagheden aanzienlijke correlaties tussen de helderheidswaarden van de opeenvolgende beelden bestaan. Door deze correlaties is er in de gereconstrueerde doorsnede een duidelijke rand zichtbaar. Hierdoor is het gemakkelijk in de gereconstrueerde doorsnede deze rand op te sporen. Aan de hand van de rand in de gereconstrueerde doorsnede lukt het om de in de beelden zelf meestal veel onduidelijker vage rand van het gebied van belang in afzonderlijke beelden te bepalen en het gebied van belang uit de afzonderlijke beelden te segmenteren.

Met name in cardiologische toepassing van de magnetische resonantie afbeeldingsmethode, met name in de angiografie leidt de uitvinding tot goede resultaten, met name bij de segmentatie uit de afbeelding van het myocardium (de hartspier) uit de afbeelding van het omringende weefsel. In deze MR-cardio toepassing is het gebied van belang dus een reeks van in de tijd opeenvolgende magnetische-resonantieafbeeldingen van het myocardium. Op basis van nauwkeurige segmentaties van de gebieden van belang, dus de segmentaties van het myocardium, is het mogelijk om nauwkeurig de mate van doorbloeding van het myocardium te bepalen. Zelfs blijkt het mogelijk om vast te stellen of er gebieden zijn waar de doorbloeding nogal of ernstig is verstoord. Uit het bestaan van zulke gebieden met slechte doorbloeding en de ligging daarvan is het mogelijk een nauwkeurige diagnose ten aanzien van een vermoed infarct te stellen. Opgemerkt wordt dat het resultaat van de beeldbewerking volgens de uitvinding een nuttig technisch hulpmiddel is voor een cardioloog om zo'n diagnose te stellen.

Bij voorkeur worden volgens de uitvinding meerdere doorsneden door de meer-dimensionale data-set gemaakt langs verschillende gereconstrueerde snedeoppervlakken. Uit de afzonderlijke doorsneden worden respectievelijke randen opgespoord. Aan de hand van de locaties in de afzonderlijke beelden van de opgespoorde randen in de respectievelijke gereconstrueerde doorsneden lukt het om de rand van het gebied van belang in de individuele beelden vast te stellen. Bijvoorbeeld blijkt dat uit afzonderlijke gereconstrueerde doorsneden steeds een gedeelte van de begrenzing van het gebied van belang in elk van de beelden afgeleid wordt. Vervolgens worden de respectievelijke posities uit de afzonderlijke gereconstrueerde doorsneden van de begrenzing in het betreffende beeld bepaald. Dat is telkens het snijpunt van de begrenzing in het betreffende beeld met de rand in één van de snedeoppervlakken. Zo worden een aantal posities van de begrenzing van het gebied van belang, één voor elk (of een aantal, liefst de meeste) van de snedeoppervlakken in het betreffende beeld bepaald. De volledige begrenzing van het gebied van belang wordt afgeleid uit deze posities, bijvoorbeeld door interpolatie. Het is ook goed mogelijk om

handmatig deze posities van de begrenzing te verbinden. Het resultaat wordt nog verder verbeterd door bij het afleiden van de volledige begrenzing gebruik te maken van *a priori* informatie bijvoorbeeld over de vooraf bekende vorm van het gebied van belang.

5

Deze en andere aspecten van de uitvinding worden bij wijze van voorbeeld nader toegelicht aan de hand van de volgende uitvoeringsvoorbeelden en aan de hand van de bijgevoegde tekening waarin

10

Figuren 1 en 2 de werkwijze volgens de uitvinding illustreren en
Figuur 3 de afleiding van de begrenzing van het gebied van belang met het gebruik van meerdere gereconstrueerde doorsneden illustreert.

15

Figuren 1 en 2 illustreren de werkwijze volgens de uitvinding. Met name toont Figuur 1 een weergave van de meer-dimensionale dataset (hier een 3D dataset) 2, welke is opgebouwd uit de afzonderlijke beelden 1 die in de volgorde richting 6 achter elkaar zijn gezet. Dat wil zeggen de beelden die betrekking hebben op een later moment in de tijd meer naar voren in Figuur 1 zijn getoond. Het snedeoppervlak 3 is in Figuur 1 ongeveer loodrecht op het vlak van de tekening. De gereconstrueerde langs het snedeoppervlak 3 is in een eenvoudige vorm getoond in Figuur 2. Voor de eenvoud is slechts in enkele (drie) van de afzonderlijke beelden het gebied van belang 7,8,9 aangeduid.

20

Figuur 2 toont een eenvoudige weergave van de doorsnede langs het snedeoppervlak 3. Met name zijn in Figuur 2 de doorsneden in het snedeoppervlak van het gebied van belang zoals in de drie afzonderlijke beelden in figuur 1 getoond. Verder toont Figuur 2 dat in de gereconstrueerde doorsnede het gebied van belang duidelijk is begrensd van beeldinformatie buiten dat gebied van belang. Met name zijn in de gereconstrueerde doorsnede duidelijke randen 22,23 te zien. Aan de hand van de duidelijke randen 22,23 in de gereconstrueerde doorsnede wordt de rand van het gebied van belang in elk van de afzonderlijke beelden 1 bepaald.

25

30

Figuur 3 illustreert de afleiding van de begrenzing van het gebied van belang met het gebruik van meerdere gereconstrueerde doorsneden 3-5. Voor de eenvoud van de Figuur 3 is in maar één van de afzonderlijke beelden 1 het gebied van belang getoond. Elk

van de gereconstrueerde doorsneden langs de respectievelijke snedeoppervlakken heeft twee snijpunten 24 met de rand van het gebied van belang. De rand van het gebied van belang wordt nauwkeurig vastgesteld door interpolatie tussen de snijpunten 24. Bij voorkeur wordt bij deze interpolatie rekening gehouden met *a priori* bekende informatie over bijvoorbeeld de vorm van het gebied van belang. Bijvoorbeeld betreft deze *a priori* informatie de verwachte grilligheid of vloeiend verloop van contouren in de beelden, al dan niet statistische informatie over de verwachte vorm van in de beelden afgebeelde onderwerpen, zoals de vorm van het gebied van belang, verwachte patronen die in de omgeving van het gebied van belang opvallend veel voorkomen.

CONCLUSIES:

1. Een werkwijze voor het bewerken van beelden waarin
 - afzonderlijke beelden opeenvolgend in een volgorde-richting zijn
 - een meer-dimensionale dataset wordt geconstrueerd uit de afzonderlijke beelden
 - welke meer-dimensionale dataset datawaarden toevoegt aan posities in een meer-dimensionale ruimte
 - welke meer-dimensionale ruimte opgespannen wordt door de volgorde-richting en twee richtingen evenwijdig aan het oppervlak van de afzonderlijke beelden
 - langs een snedeoppervlak door de meerdimensionale ruimte een doorsnede door de meer-dimensionale dataset wordt gereconstrueerd en
- 5
- 10
 - de richting van het snedeoppervlak een component in de volgorde-richting heeft en waarbij
 - aan de hand van het snedeoppervlak een gebied van belang (*'region of interest'*) wordt opgespoord.
- 15
2. Een werkwijze voor het bewerken van beelden volgens Conclusie 1, waarin
 - in één of meer van de afzonderlijke beelden segmentatie van een gebied van belang (*'region of interest'*) wordt uitgevoerd uit de één of meer betreffende beelden en
 - deze segmentatie wordt uitgevoerd aan de hand van informatie in de gereconstrueerde doorsnede langs het snedeoppervlak door de meer-dimensionale dataset.
- 20
3. Een werkwijze voor het bewerken van beelden volgens Conclusie 2 waarin
 - in de gereconstrueerde doorsnede een rand wordt opgespoord en
 - de segmentatie van het gebied van belang in de één of meer beelden wordt uitgevoerd aan de hand van de locatie in het betreffende beeld van de opgespoorde rand.
- 25
4. Een werkwijze voor het bewerken van beelden volgens Conclusie 3 waarin
 - langs meerdere snedeoppervlakken door de meerdimensionale ruimte respectievelijke doorsneden door de meer-dimensionale dataset worden gereconstrueerd en

- de richtingen van de afzonderlijke snedeoppervlakken componenten in de volgorde-richting hebben
 - in de individuele doorsneden afzonderlijke randen worden opgespoord
 - en de segmentatie van het gebied van belang in de één of meer beelden wordt uitgevoerd
- 5 aan de hand van de afzonderlijke locaties in het betreffende beeld van de respectievelijke opgespoorde randen.

5. Een werkwijze voor het bewerken van beelden volgens Conclusie 4 waarin

- door interpolatie tussen de afzonderlijke locaties in het betreffende beeld van de
- 10 respectievelijke opgespoorde randen een begrenzing van het gebied van belang wordt afgeleid.

6. Een werkwijze voor het bewerken van beelden volgens Conclusie 5 waarin de interpolatie wordt uitgevoerd mede aan de hand van *a priori* informatie over het gebied van

15 belang.

7. Een beeldbewerkingssysteem ingericht voor het bewerken van afzonderlijke beelden opeenvolgend in een volgorde-richting en om

- een meer-dimensionale dataset te reconstrueren uit de afzonderlijke beelden
- 20 - welke meer-dimensionale dataset datawaarden toevoegt aan posities in een meer-dimensionale ruimte
- welke meer-dimensionale ruimte opgespannen wordt door de volgorde-richting en twee richtingen evenwijdig aan het oppervlak van de afzonderlijke beelden
- 25 - langs een snedeoppervlak door de meerdimensionale ruimte een doorsnede door de meer-dimensionale dataset te reconstrueren waarbij
- de richting van het snedeoppervlak een component in de volgorde-richting heeft en om
 - aan de hand van het snedeoppervlak een gebied van belang (*'region of interest'*) op te sporen.

30 8. Een computerprogramma met instructies voor het bewerken van afzonderlijke beelden opeenvolgend in een volgorde-richting en om

- een meer-dimensionale dataset te reconstrueren uit de afzonderlijke beelden

- welke meer-dimensionale dataset datawaarden toevoegt aan posities in een meer-dimensionale ruimte
 - welke meer-dimensionale ruimte opgespannen wordt door de volgorderichting en twee richtingen evenwijdig aan het oppervlak van de afzonderlijke beelden
- 5 - langs een snedeoppervlak door de meerdimensionale ruimte een doorsnede door de meer-dimensionale dataset te reconstrueren waarbij
- de richting van het snedeoppervlak een component in de volgorderichting heeft en om
 - aan de hand van het snedeoppervlak een gebied van belang (*'region of interest'*) op te sporen.

10

9. Een medisch diagnostisch werkstation voorzien van een beeldbewerkingssysteem volgens Conclusie 7, bijvoorbeeld geprogrammeerd met een computerprogramma volgens Conclusie 8

ABSTRACT:

The invention relates to processing of a series of images. From the series of images a multi-dimensional dataset is formed, for example by stacking the image according to their order of succession. A cut plane is taken through the stack along the order of succession and a cross section through the stack is taken along the cut plane. A region of
5 interest is detected from the cross section. Notably, the invention is useful in cardiology where a stack of successive MR-images is formed of a moving heart. The ventricles of the heart are accurately segmented using the cross section in the time direction.

Fig. 1

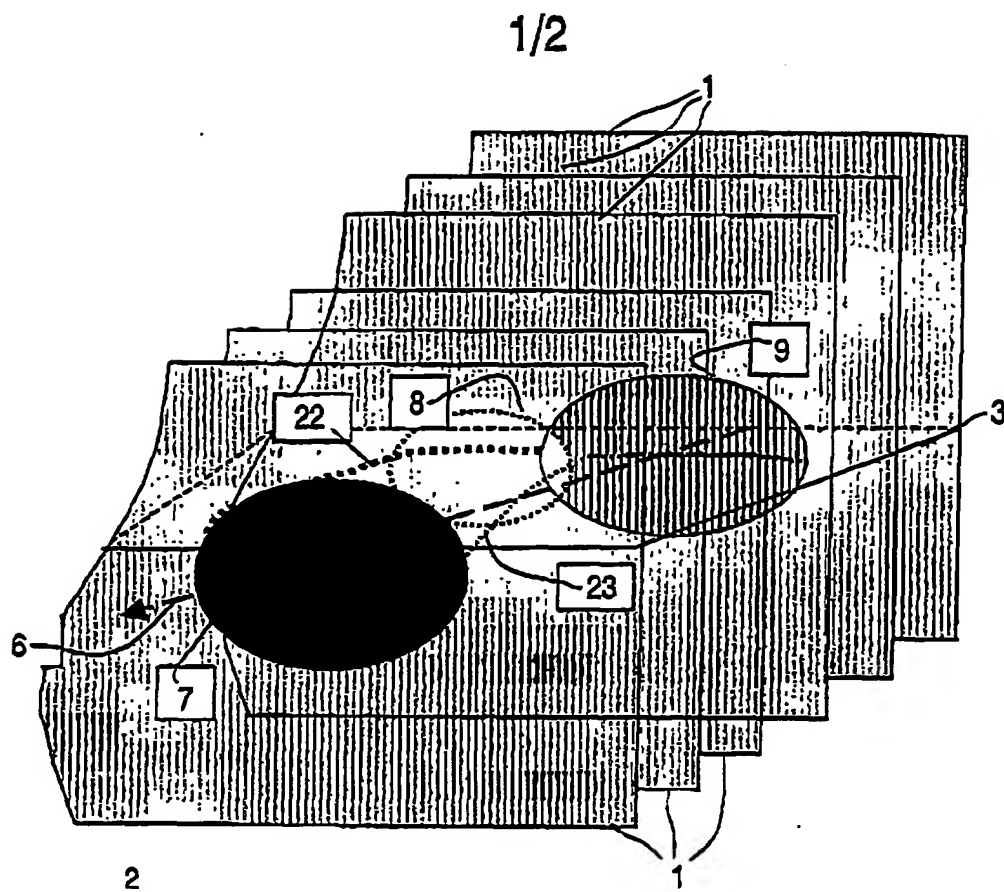


FIG. 1

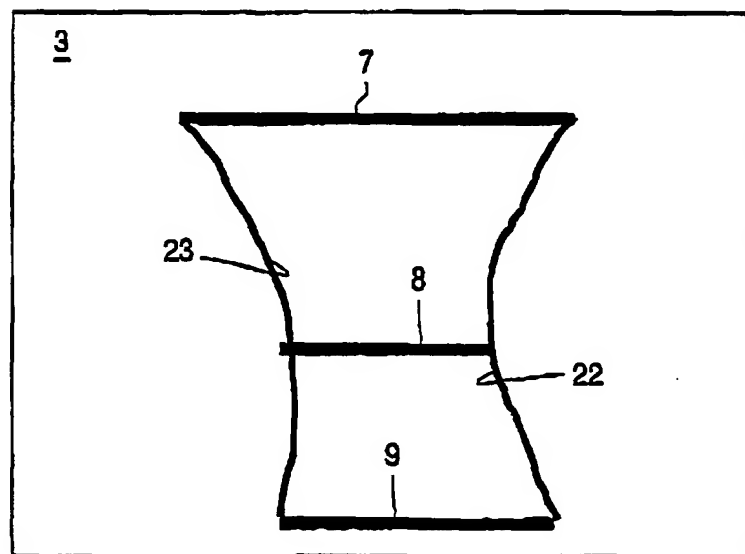


FIG. 2

2/2

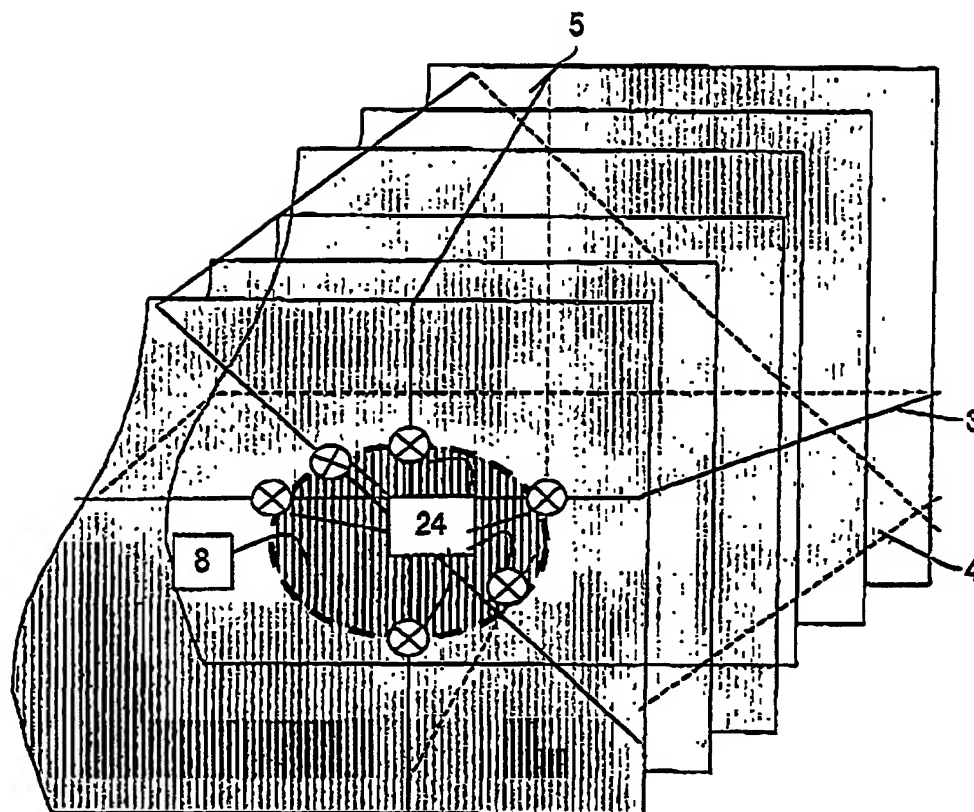


FIG. 3